



**S.E.P.** TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO**  
de Tuxtepec

**"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, FÍSICA Y  
FUNCIONAL DE UN CONCENTRADO DE FIBRA DIETARIA  
DE BAGAZO DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.)"**

**TESIS**

Para Obtener el título de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS**

PRESENTA:

**I.B.Q. CARLOS ALFREDO USCANGA SILVEIRA**

DIRECTORA:

**DRA. MARÍA DE LOS ANGELES VIVAR VERA**

CO-DIRECTORA:

**DRA. ARACELI PÉREZ SILVA**



MCA-2017/01

TUXTEPEC, OAXACA, FEBRERO 2017

## COMITÉ TUTORIAL

DRA. MARÍA DE LOS ÁNGELES VIVAR VERA

DRA. ARACELI PÉREZ SILVA

DR. JESÚS RODRÍGUEZ MIRANDA

DRA. CECILIA EUGENIA MARTÍNEZ SANCHEZ



**SEP      TecNM      SNEST**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO**  
**de Tuxtepec**

**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA,  
FÍSICA Y FUNCIONAL DE UN CONCENTRADO  
DE FIBRA DIETARIA DE BAGAZO DE  
ZANAHORIA (*Daucus carota L.*)”**

**TESIS**

**Para obtener el Grado de  
MEASTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

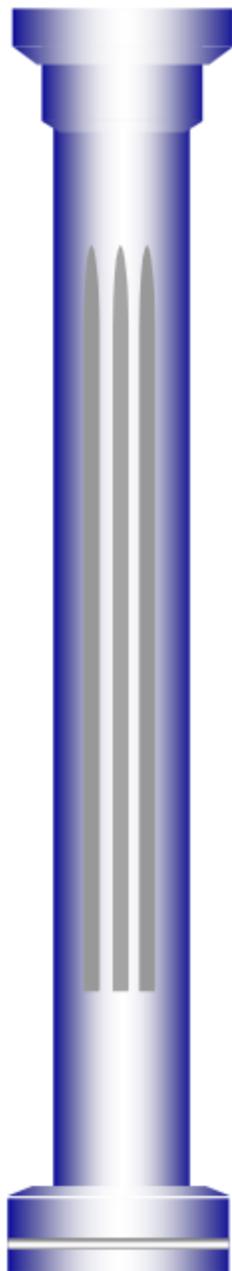
**I.B.Q. CARLOS ALFREDO USCANGA SILVEIRA**

**DIRECTORA:**

**DRA. MARÍA DE LOS ÁNGELES VIVAR VERA**

**CO-DIRECTORA:**

**DRA. ARACELI PÉREZ SILVA**



**Tuxtepec, Oaxaca, México.**

**Enero 2017.**



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
Instituto Tecnológico de Tuxtepec

"Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
División de Estudios Profesionales

Procedimiento para la Titulación  
**Autorización de Presentación del Trabajo Profesional**  
Referencia a la Norma ISO 9001:2008 7.5.1

SUBDIRECCION ACADÉMICA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
EXPEDIENTE: DEP-ñ/17  
Tuxtepec, Oaxaca. **08/FEBRERO/2017**  
OFICIO: No. 0636

**IBQ. CARLOS ALFREDO USCANGA SILVEIRA**  
**EGRESADO DE MAestrÍA EN**  
**CIENCIAS EN ALIMENTOS**  
**CON NÚMERO DE CONTROL M09350052**  
**PRESENTE.**

POR MEDIO DE LA PRESENTE ME PERMITO COMUNICARLE QUE LA COMISIÓN REVISORA INTEGRADA POR LOS C.C. **DRA. MARIA DE LOS ÁNGELES VIVAR VERA, DRA. ARACELI PÉREZ SILVA, DR. JESÚS RODRÍGUEZ MIRANDA Y DRA. CECILIA EUGENIA MARTÍNEZ SÁNCHEZ** REVISÓ Y APROBÓ EN SU TOTALIDAD EL TRABAJO PROFESIONAL DENOMINADO **"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, FÍSICA Y FUNCIONAL DE UN CONCENTRADO DE FIBRA DIETARIA DE BAGAZO DE ZANAHORIA (Daucus carota L)"** PRESENTADO POR USTED COMO PRODUCTO DE **TESIS** DEL LINEAMIENTO DE TITULACIÓN CORRESPONDIENTE, PARA OBTENER EL GRADO DE **MAESTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS**.

POR LO ANTERIOR Y DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS INSTITUCIONALES, SE LE DA TRÁMITE LEGAL PARA QUE PROCEDA A LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL.

**ATENTAMENTE**  
*"CIENCIA Y TÉCNICA PRESENTES AL FUTURO"*

**M.E. JULIAN KURI MAR**  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES.**

C.c.p.-Coord. de titulación  
JKM/has



Av. Dr. Víctor Bravo C.P. 68350 Col. 5 de Mayo, Tuxtepec, Oaxaca  
Teléfono: (287) 87 5 10 44 Ext. 103, Fax: (287) 87 5 18 80  
e-mail: [info@ittux.edu.mx](mailto:info@ittux.edu.mx)



REGISTRO SGC  
Código ITTUX-AC-PO-008-09  
Revisión: 1  
Fecha de Autorización: 19/Junio/2014

Proceso Educativo. Que comprende desde la inscripción hasta la entrega de tesis y recibe profesional de licenciatura.

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, FÍSICA Y  
FUNCIONAL DE UN CONCENTRADO DE FIBRA DIETARIA DE  
BAGAZO DE ZANAHORIA (*Daucus carota L.*)**

**Por:**

**IBQ. Carlos Alfredo Uscanga Silveira**

**Protocolo de Tesis Propuesta al  
Instituto Tecnológico de Tuxtepec**

**Como requerimiento para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias en Alimentos**

**2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi directora de tesis, la **Dra. María de los Ángeles Vivar Vera**, por haberme guiado durante el desarrollo de esta investigación, por su apoyo, orientación, paciencia y confianza brindados y sobre todos por los conocimientos transmitidos tanto a nivel científico como humano.

A mi Comité Revisor de Tesis Dra. Araceli Pérez Silva, Dr. Jesús Rodríguez Miranda, Dra. Cecilia Eugenia Martínez Sánchez, por su contribución al enriquecimiento de esta Tesis.

A los compañeros y amigos adquiridos durante el desarrollo de esta investigación por la convivencia, las risas, el apoyo, y la amistad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindarme el apoyo económico como becario con número de registro 623186 y así poder realizar los estudios de correspondientes a la Maestría en Ciencias en Alimentos.

## **DEDICATORIA**

## RESUMEN

**Uscanga Silveira, Carlos Alfredo. M.C. en Alimentos. Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Febrero del 2017. “Obtención y caracterización química, física y funcional de un concentrado de fibra dietaria de bagazo de zanahoria (*Daucus carota L*)” Directora: Dra. María de los Ángeles Vivar Vera, Co-directora: Dra. Araceli Pérez Silva.**

Un ingrediente funcional que ha adquirido relevancia es la fibra dietaria (FD), preparada en forma de concentrados (CFD) principalmente a partir de subproductos agroindustriales. La industria de jugos especialmente de zanahoria es una de las agroindustrias más importantes a nivel mundial del cual se llegan a generar hasta un 50% de bagazo como subproducto. El objetivo de este proyecto fue desarrollar y caracterizar química, física y funcionalmente un CFD de bagazo de zanahoria (BZ). El BZ fue obtenido a nivel laboratorio, acondicionado a través de un escaldado y utilizado para preparar el bagazo escaldado (BZE) por el método de Pantaleón y col. (2014). Posteriormente el BZE fue secado por charolas y tamizado para obtener el concentrado de fibra dietaria de bagazo de zanahoria secado por charolas (CFDZ-SC), el cual fue caracterizado en términos de su composición química proximal, contenido de carotenos, de polifenoles, capacidad antioxidante (FRAP y ABTS<sup>+</sup>), propiedades tecnofuncionales (capacidad de retención de agua, hinchamiento, solubilidad, capacidad de retención de aceite y capacidad emulsificante), color (L\*, a\*, b\*), índice de oscurecimiento (IO) y análisis de microestructura por microscopía electrónica de barrido (SEM) teniendo como control un concentrado de fibra dietaria de zanahoria secado por liofilización (CFDZ-SL). Los resultados demostraron que el BZE presentó un contenido mayor ( $p < 0.05$ ) de carotenos (121.4 mg  $\beta$ -caroteno/100 g materia seca (m.s.)) y polifenoles (158.3 mg EAG/100 g m.s.) con capacidad antioxidante que el BZ. El CFDZ-SC presentó el mayor contenido ( $p < 0.05$ ) de polifenoles (176 mg EAG/100 g m.s.), capacidad antioxidante (18.78 y 4.88 mg ET/ g m.s.), a su vez, presentó menor contenido ( $p < 0.05$ ) de FD total y carotenos que el control, pero no hubo cambios ( $p < 0.05$ ) en los contenidos de FD soluble. El CFDZ-SC presentó menores valores en todas las propiedades tecnofuncionales analizadas excepto en solubilidad. Los resultados de color fueron mayores ( $p < 0.05$ ) en los parámetros a\* (8), b\* (16.11) y el IO (65.98) en el CFDZ-

SC, sin embargo, hubo una disminución en el valor  $L^*$  (72.09). Este estudio demostró que el BZE es una materia prima viable para obtener CFDZ-SC con alto contenido de FD y carotenos que desarrolla propiedades funcionales que sugieren su aplicación en productos alimenticios emulsionados como aderezos, postres y embutidos.

## ABSTRACT

**Uscanga Silveira, Carlos Alfredo. Master in Food Science. At the Instituto Tecnológico de Tuxtepec, February 2017. "Chemical, physical and functional characterization of a dietary fiber concentrate of carrot bagasse (*Daucus carota L.*)" Advisor: Dr. María de los Ángeles Vivar Vera, Co-Advisor: Dr. Araceli Pérez Silva.**

A functional ingredient that has gained relevance is dietary fiber (DF), prepared in as a concentrate (DFP) mainly from agro-industrial by-products. The carrot juice industry is one of the most important agro-industries in the world, from which up to 50% of bagasse can be produced as a by-product. The objective of this project was to develop and characterize chemically, physically and functionally a DFP of carrot bagasse (CB). The CB was obtained at the laboratory level, conditioned through a blanching and used to prepare the blanched bagasse (BCB) by the method of Pantaleón y col. (2014). Subsequently the BCB was dried by trays and sieved to obtain the fiber concentrate (DFPC-TD), which was characterized in terms of its proximal chemical composition, carotene content, polyphenols, antioxidant capacity (FRAP and ABTS<sup>+</sup>), techno-functional properties (water retention capacity, (L \*, a \*, b \*), darkening index (DI) and microstructure analysis by scanning electron microscopy (SEM) having as control a concentrate of Dietary fiber of lyophilized dried carrot (DFPC-LD). The results showed that BCB had a higher content ( $p < 0.05$ ) of carotenes (121.4 mg  $\beta$ -carotene / 100 g d.m.) and polyphenols (158.3 mg EAG / 100 g d.m.) with antioxidant capacity than CB. The highest content ( $p < 0.05$ ) of polyphenols (176 mg EAG / 100 g d.m.), antioxidant capacity (18.78 and 4.88 mg ET / g d.m.) presented the lowest content ( $p < 0.05$ ) Of total DF and carotene than control, but there were no changes ( $p < 0.05$ ) in soluble DF contents. With regard to the techno-functional properties, the DFPC-TD presented lower values in all the techno-functional properties analyzed except in solubility. The color results were higher ( $p < 0.05$ ) in the a \* (8), b \* (16.11) and the IO (65.98) parameters in the DFPC-DT, however, there was a decrease in the L \* value (72.09). This study demonstrated that the CBC is a viable raw material to obtain DFPC-TD with high

content of DF and carotenes that develops functional properties that suggest its application in emulsified food products such as dressings, desserts and sausages.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	2
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Alimentos funcionales.....	5
2.1.1 Ingredientes funcionales.....	6
2.1.2. Tipos de ingredientes funcionales.....	8
2.2. Fibra dietaria.....	8
2.2.1. Fibra dietaria soluble.....	9
2.2.2. Fibra dietaria insoluble.....	10
2.2.3. Concentrados de fibra dietaria.....	10
2.2.4. Compuestos bioactivos: Carotenos.....	11
2.2.5. Polifenoles.....	13
2.2.6. Obtención de concentrados de fibra dietaria.....	14
2.2.7. Fuentes alternativas para la obtención de fibra dietaria.....	15
2.3. Zanahoria.....	16
2.3.1. Composición de la zanahoria.....	17
2.3.2. Bagazo de zanahoria.....	18
III. ANTECEDENTES.....	21
IV. JUSTIFICACIÓN.....	23
V. OBJETIVOS.....	25
5.1. Objetivo General.....	25
5.2. Objetivos Específicos.....	25
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
6.1. Obtención y acondicionamiento de la materia prima.....	27
6.2. Obtención del concentrado de fibra dietaria de zanahoria (CFDZ).....	27

6.3.	Análisis químico proximal. ....	28
6.4.	Determinación de fibra dietaria total, soluble e insoluble. ....	28
6.5.	Determinación de polifenoles extraíbles. ....	28
6.6.	Determinación de carotenoides. ....	29
6.7.	Capacidad antioxidante. ....	29
6.8.	Determinación de propiedades funcionales. ....	30
6.9.	Color. ....	30
6.10.	Análisis de microestructura. ....	30
VII.	RESULTADOS. ....	32
7.1.	Análisis químico proximal ....	32
7.2.	Componentes funcionales y capacidad antioxidante ....	35
7.3.	Propiedades Tecnofuncionales ....	37
7.4.	Color ....	42
7.5.	Propiedades estructurales ....	43
VIII.	CONCLUSIONES. ....	45
IX.	REFERENCIAS. ....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1	Funciones promotoras de la salud atribuidas a los carotenoides.	12
2	Estructura del Beta-Caroteno.	12
3	Estructura de la Flavona.	14
4	Proceso de extracción del bagazo de zanahoria.	27
5	Proceso para la elaboración del concentrado de fibra dietaria.	27
6	Capacidad de retención de del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización	37
7	Solubilidad de los concentrados del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización	38
8	Capacidad de hinchamiento del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización	39
9	Capacidad de retención de aceite del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización	40
10	Capacidad emulsificante del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización	41
11	(1a y 1b) micrografías realizadas al CFDZ-SL; (2a y 2b) micrografías realizadas al CFDZ-SC.	43

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1	Principales ingredientes utilizados para enriquecer los alimentos.	1
2	Composición química proximal del bagazo de zanahoria fresco y escaldado.	32
3	Composición química proximal del concentrado de fibra dietaria de zanahoria secado por charolas y liofilización.	33
4	Contenido de carotenoides, polifenoles y capacidad antioxidante. del bagazo de zanahoria fresco y escaldado.	35
5	Contenido de carotenoides, polifenoles y capacidad antioxidante del concentrado de fibra dietaria de zanahoria secado por charolas y liofilización.	36
6	Parámetros de color del bagazo escaldado, el concentrado de fibra dietaria de zanahoria secado por charolas y liofilización.	42

# **CAPÍTULO I.**

# **INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se ha dado auge al aprovechamiento de los residuos de la agroindustria de frutas como fuente de fibra dietaria (FD), la cual es definida como la parte comestible de las plantas o análogos de carbohidratos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado del humano con una fermentación completa o parcial en el intestino grueso (AACC, 2001). La FD, constituida por las fracciones soluble e insoluble, tiene efectos fisiológicos y gastrointestinales, que son considerados benéficos para la salud, incluyendo la reducción de cáncer, obesidad, enfermedades cardiovasculares, hipercolesterolemia y diabetes tipo II. Consecuentemente el consumo de alimentos que contengan FD es recomendable, lo cual ha impulsado el desarrollo de nuevos procedimientos tecnológicos para la preparación de polvos con alto contenido de FD con compuestos bioactivos y obtenidos a partir de subproductos de frutas o vegetales (Pantaleón-Velasco y col., 2014). Los CFD se caracterizan por una alta concentración de FD total (>50%) y cantidades significativas de compuestos bioactivos (vitamina C, carotenoides y polifenoles) de los que se estudian su actividad biológica como antioxidantes naturales. Asimismo, deben desarrollar propiedades funcionales para ser incorporados como ingredientes en alimentos (Larrauri, 1999; O'Shea y col., 2012; Pantaleón-Velasco y col., 2014).

La zanahoria (*Daucus carota L*) es uno de los tubérculos más populares cultivados en todo el mundo y es la fuente más importante de carotenoides en la dieta de los países del oeste. Es proveniente de Asia central que hoy en día se cultiva en la mayor parte del hemisferio norte, los principales productores son Estados Unidos, China, Rusia, Polonia y Japón (Sharma y col., 2012). A nivel mundial, México ocupa el lugar 18 en producción de este tubérculo con 12,073.83 toneladas, siendo los principales estados productores Puebla, Distrito Federal, Guanajuato y Zacatecas (SAGARPA, 2014). La zanahoria es un importante vegetal siendo la principal fuente individual de provitamina A, proporcionando 17% del consumo total de vitamina A, encontrándose los seis tipos de carotenos y compuestos relacionados. Usualmente las zanahorias son utilizadas para la elaboración de jugos en muchos países,

reportándose un importante aumento en su producción y consumo, habiendo alcanzado en los últimos años, los suplementos dietéticos como las bebidas ATBC (alta en tocoferoles y beta carotenos) utilizadas como complemento alimenticio y de intensa atracción del consumidor. Sin embargo, debido a los bajos rendimientos asociados con la producción de jugo de zanahoria, y a pesar de considerables mejoras en las técnicas de procesamiento que incluyen el uso de enzimas técnicas, batido en caliente, y la tecnología de decantación, más del 50% de la materia prima permanece como bagazo, el cual generalmente se utiliza para la alimentación animal o se desecha causando contaminación. Sin embargo, este bagazo contiene cantidades importantes de compuestos valiosos como carotenoides, fibra dietaria insoluble, ácidos urónicos y azúcares neutros (Chau y col., 2004; Sharma y col., 2012). En el presente trabajo se propone el aprovechamiento del bagazo de zanahoria para la obtención de un concentrado de fibra dietaria que presente alto contenido de fibra dietaria y compuestos bioactivos (polifenoles y carotenoides) utilizando el secado en charolas como método práctico de deshidratación posterior a realizar una extracción acuosa, así también se propone su caracterización química, física y funcional para obtener datos que nos permitan su posible uso como ingrediente alimenticio.

# **CAPÍTULO II.**

# **MARCO TEÓRICO**

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Alimentos funcionales.

La creciente comprensión de la relación entre la dieta, ingredientes alimentarios específicos y la salud está dando lugar a nuevos conocimientos sobre el efecto de los componentes de los alimentos en la función fisiológica y la salud. Esta toma de conciencia se ha trasladado a los consumidores a ser más conscientes de la salud, impulsando una tendencia hacia los alimentos saludables y nutritivos con funciones de promoción de la salud, tales como alimentos funcionales (Olmedilla-Alonso y col., 2013).

El término " alimentos funcionales " se usó primeramente en Japón en la década de 1980 para los productos alimenticios fortificados con componentes especiales que poseen efectos fisiológicos ventajosos. En 1984 por científicos japoneses que estudiaron las relaciones entre la nutrición, la satisfacción sensorial, fortificación y la modulación de los sistemas fisiológicos (Siró y col., 2008).

Aunque no hay una definición oficialmente aceptada de los alimentos funcionales, el propuesto por Diplock y col. (1999) se utiliza comúnmente en la Unión Europea y considera que un alimento es funcional cuando afecta beneficiosamente a una o más funciones en el cuerpo más allá de la nutrición adecuada de una manera que sea relevante para la mejora del estado de salud y bienestar y / o reducción del riesgo de enfermedad. Los alimentos se consideran funcionales debido a sus efectos (científicamente demostrado), no su origen, y, por lo tanto, la categoría de alimentos funcionales puede incluir tanto los alimentos naturales y los alimentos en los que un componente ha sido añadido, eliminado o modificado por medios tecnológicos o biotecnológicos (Olmedilla-Alonso y col., 2013).

### **2.1.1 Ingredientes funcionales.**

Con frecuencia, los alimentos funcionales se obtienen a partir alimentos enriquecidos tradicionales con un ingrediente capaz de proporcionar o promover una acción beneficiosa para la salud humana. Estas son los denominados ingredientes funcionales. Estos ingredientes son los preferidos por los consumidores al tener un origen natural que se extrae comúnmente a partir de fuentes naturales como plantas, alimentos subproductos o incluso algas y microalgas (Herrero y col., 2006).

Los alimentos integrales, tales como frutas y verduras representan la forma más simple de los alimentos funcionales. Debido a que son ricos en fitoquímicos bioactivos (Day et y col., 2009). La importancia de estos componentes con propiedades antioxidantes en el mantenimiento de la salud y la protección contra las enfermedades coronarias y el cáncer está levantando un gran interés entre los científicos, los fabricantes de alimentos y los consumidores como una tendencia hacia el futuro que se está moviendo hacia el desarrollo de alimentos funcionales con efectos sobre la salud específicos. Los estudios in vitro indican fitonutrientes como los carotenoides y compuestos fenólicos pueden jugar un papel importante, además de las vitaminas en la protección de los sistemas biológicos de los efectos del estrés oxidativo (Sharma y col., 2012).

El diseño y desarrollo de alimentos funcionales no debe llevarse a cabo puramente basado en la función nutricional deseada, se deben tener en cuenta las propiedades del producto, tales como color, textura, sabor y sensación en la boca. Las propiedades de apariencia y sensoriales de los alimentos son los atributos más importantes para el consumidor, antes de los valores nutricionales.

Para los alimentos sólidos blandos, aspectos tales como la estabilidad, la textura y el sabor son de gran importancia para la aceptación del consumidor de alimentos, así como para la biodisponibilidad de micronutrientes (Parada y Aguilera. 2007). La elección de una ruta a través de la fortificación de la adición de un bioactivo ha dado lugar a una serie de desafíos técnicos para los fabricantes de alimentos. Estos retos

se asocian con la elección de los procesos de la unidad, no sólo para mantener la funcionalidad biológica de la bioactivo, sino también la calidad y los atributos sensoriales de la comida.

**Tabla 1.** Principales ingredientes utilizados para enriquecer los alimentos.

<b>Ingredientes</b>	<b>Efectos</b>	<b>Uso en alimentos</b>
<b>Fibra dietaria</b>	Regulación del tránsito intestinal. Reducción del riesgo de padecer ciertos tipos de cáncer. Disminución de los niveles de colesterol plasmático.	Bebidas, productos de confitería, panadería y cereales.
<b>Oligosacáridos</b>	Son sustrato de elección para bifidobacterias. Favorecen el crecimiento de la flora bacteriana beneficiosa. Disminución de los niveles de colesterol plasmático.	Bebidas, productos de confitería, helados, yogures, productos lácteos, comidas preparadas, pan, productos de picoteo, cereales de desayuno.
<b>Cultivos probióticos</b>	Contribuye al equilibrio de la flora intestinal beneficiosa.	Yogures y lácteos.
<b>Minerales</b>	Reducción de riesgos de sufrir osteoporosis. Prevención de anemia.	Bebidas, yogures, lácteos, dulces, productos de panadería, de picoteo y comidas preparadas.
<b>B-carotenos</b>	Reducción de riesgos de padecer cáncer.	Bebidas, zumo de frutas y vegetales, yogures, postres, cereales para desayuno, panadería y confitería.
<b>Ácidos grasos poli-insaturados</b>	Terapéutica y profilaxis de enfermedades cardiovasculares e inflamatorias.	Bebidas, confitería, hamburguesas, bebidas con bacterias acido-lacticas, yogures, conservas, leches infantiles, productos de panadería.

**Fuente:** SERNAC (Servicio Nacional del Consumidor).

### **2.1.2. Tipos de ingredientes funcionales.**

Hasta el momento, los componentes más importantes que pueden añadirse a los alimentos son:

- Probióticos: microorganismos que cuando se ingieren en cantidades determinadas, tienen un impacto positivo en la salud del huésped, lo que va más allá de los efectos nutricionales convencionales. Las bacterias utilizadas con mayor frecuencia como probióticos son los lactobacilos y las bifidobacterias. Pueden administrarse con alimentos fermentados como el yogur, vegetales fermentados o carnes y otros se puede establecer brevemente en el intestino.
- Prebióticos: Ingredientes o compuestos que tienen un efecto beneficioso sobre la microflora en el propio huésped, tal como fibra, fructooligosacáridos, inulina, lactulosa, alcoholes de azúcar. Son hidratos de carbono de cadena corta que pueden ser fermentados en el intestino grueso y estimulan el crecimiento de las bifidobacterias potencialmente beneficiosos. (Siró y col., 2008)
- Los simbióticos: una mezcla de prebióticos y probióticos.
- Nutrientes - Minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra dietaria son ejemplos, son específicos y tienen una acción muy específica (Silveira-Rodríguez y col., 2003)

### **2.2. Fibra dietaria.**

El término “fibra dietaria” fue acuñado al parecer por Hipsley. (1953) para describir mejor a los carbohidratos no disponibles contenidos en alimentos de origen vegetal, que se pensaba que eran de protección contra la toxemia del embarazo. Trowell. (1972) define la fibra dietaria como la parte de granos enteros, verduras, frutas y nueces que se resisten a la digestión en el tracto gastrointestinal. Se compone de carbohidratos como celulosa, hemicelulosas, pectina y lignina no carbohidratada que difieren en estructura química, morfológica y en efectos fisiológicos. Spiller y col. (1978) utilizaron la palabra plantix de fibras. La palabra se deriva de la planta y de la matriz, porque son compuestos de la planta no digeridos que forman una

matriz compleja en el tracto gastrointestinal humano. Trowell y col. (1985) definen el término fibra alimentaria como "la suma de polisacáridos y lignina que no son digeridos por la secreción endógena del tracto gastrointestinal humano". En la mayoría de las dietas humanas la principal fuente de fibra dietaria se deriva de materiales de la pared celular.

En la actualidad la fibra dietaria se define como la porción comestible de los vegetales que las enzimas gastrointestinales humanas no pueden digerir. Los distintos componentes se han clasificado según su solubilidad, por su correlación con los efectos fisiológicos. (Pantaleon-Velasco y col., 2014) Se clasifican en tres grupos:

- a) Polisacáridos estructurales (celulosa, hemicelulosa y algunas pectinas).
- b) Polisacáridos no estructurales (gomas y mucílagos).
- c) Compuestos estructurales no carbohidratados (lignina).

Con los años, la fibra dietaria ha recibido mucha atención positiva con respecto a su potencial como alimento, debido a su capacidad para reducir el colesterol, la diabetes, la enfermedad cardíaca coronaria y aliviar el estreñimiento (Telrandhe y col., 2012).

La fibra dietaria se compone de dos fracciones, las cuales proporcionan beneficios específicos.

### **2.2.1. Fibra dietaria soluble.**

La fracción soluble o viscosa está constituida por polisacáridos estructurales (pectina y algunas hemicelulosa) y no estructurales (goma y mucílagos) que se disuelven en agua. Se encuentran en frutas, legumbres y cereales como cebada y avena. En el tracto digestivo superior produce un aumento de la salivación y una disminución del vaciamiento gástrico y del tránsito y la absorción de nutrientes en el intestino delgado. Es fermentada por la microflora colónica produciendo ácidos

grasos de cadena corta que son sustratos energéticos de los colonocitos (Fernández-Ginés y col., 2005).

### **2.2.2. Fibra dietaria insoluble.**

La fibra insoluble incluye polisacáridos estructurales (celulosa y otras hemicelulosas) y compuestos no carbohidratados (lignina). Es escasamente fermentable y sus principales fuentes son los cereales integrales, el salvado y los vegetales. Parece que esta fracción no hidrolizable, atrapa agua en el intestino delgado y actúa como "esponja", lo que produce un aumento de la masa fecal, que será menos consistente, y un incremento de la frecuencia defecatoria por estimulación mecánica de la motilidad intestinal (Silvia Marchisone, 2005).

### **2.2.3. Concentrados de fibra dietaria.**

En los últimos años, la fibra también ha mostrado el tener uso como un ingrediente con funciones específicas en la producción de alimentos. Debido a la naturaleza de fibra que tiene propiedades tanto insolubles y solubles, tiene una serie de atributos tecnológicos tales como retención de agua, gelificación, la construcción de la estructura y puede ser utilizado como un sustituto de la grasa (O'Shea y col., 2012).

El consumo de alimentos que contengan FD es recomendable, lo cual ha impulsado el desarrollo de nuevos procedimientos tecnológicos para la preparación de polvos con alto contenido de FD con compuestos bioactivos y obtenidos a partir de subproductos de frutas o vegetales (Pantaleón-Velasco y col., 2014).

Sin embargo, hay que señalar que hay cuatro factores claves se les pueden atribuir la gama de efectos fisiológicos de la fibra dietaria, estos son:

- Las propiedades reológicas / biofísicas de fibra dietaria dentro de las condiciones gastrointestinales simuladas, a menudo referido como " la viscosidad "
- La función de la fibra dentro de los alimentos como una matriz.

- Las características bioquímicas de diversas fibras dietarias, y sus efectos específicos.
- El efecto de la fibra dietaria en la gran diversidad microflora intestinal y su asociación con subproductos de fermentación (Brownlee., 2011)

El consumo recomendado de fibra dietaria es de 20-38 g/día, para cubrir este requerimiento se han estado desarrollando concentrados de fibra dietaria a partir de desechos agroindustriales, estos concentrados deben cumplir con ciertos requerimientos para su consumo tales como:

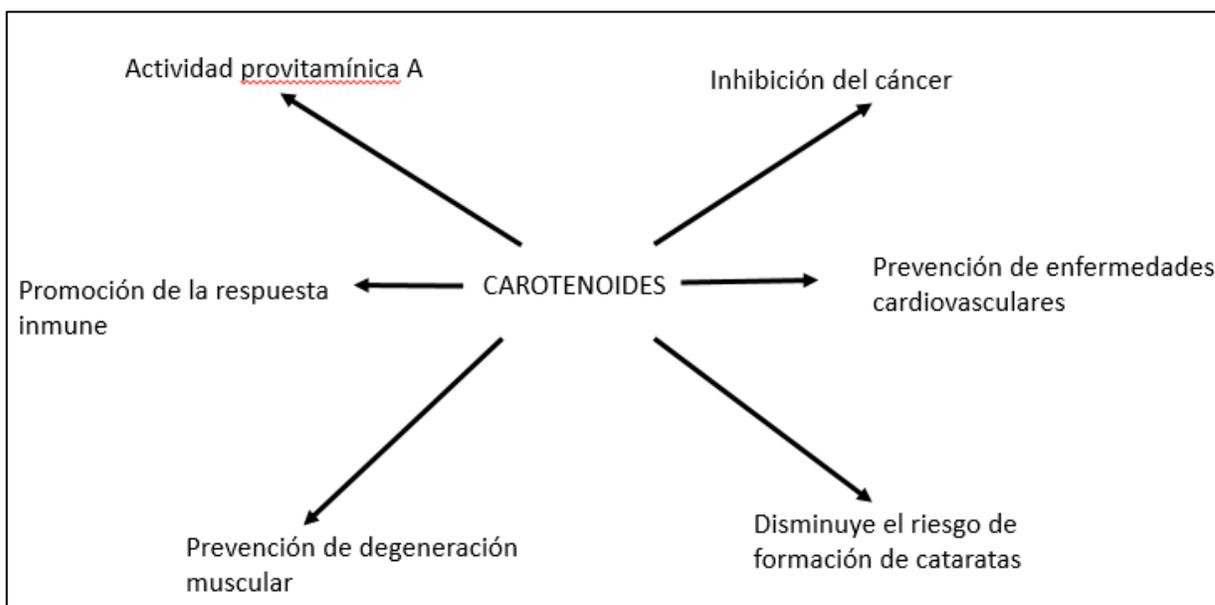
- Debe ser obtenido a partir de desechos agroindustriales
- Debe tener un alto contenido de FD total (>50%)
- Balance entre la fracción soluble e insoluble.
- Presencia de componentes bioactivos con actividad antioxidante.
- No debe afectar sensorialmente el alimento.
- Debe poseer propiedades tecnofuncionales (capacidad de retención de agua, aceite, inchamiento) (O'Shea y col., 2012).

#### **2.2.4. Compuestos bioactivos: Carotenos.**

Los carotenoides son pigmentos que se encuentran en las plantas y algunos microorganismos con capacidad fotosintética, estos se pueden dividir en carotenos y xantofilas, su principal actividad biológica es la provitamina A ya que son capaces de formar vitamina A (Eroglu y Harrison., 2014). Estructuralmente, los carotenoides pueden ser acíclicos o contener un anillo de 5 o 6 átomos de carbono en uno o ambos extremos de la molécula. Los carotenoides son micronutrientes importantes para la salud humana Los carotenoides totales contenidos en la porción comestible de zanahoria van desde 6.000 a 54.800 g / 100 g.

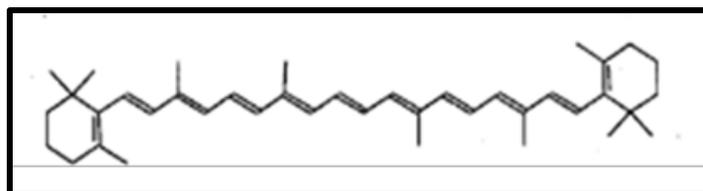
En las últimas décadas los carotenoides como el  $\beta$ -caroteno han atraído considerable atención debido a su posible efecto protector contra algunos tipos de

cánceres. En el sistema humano, la actividad fisiológica de  $\alpha$ - y  $\beta$ -caroteno ha sido 50 y 100% de provitamínica.



**Figura 1.** Funciones promotoras de la salud atribuidas a los carotenoides (Sharma y col., 2010).

Los carotenoides se han relacionado con la mejora del sistema inmune y la disminución del riesgo de enfermedades degenerativas como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares, enfermedades relacionadas con la edad, degeneración muscular y formación de cataratas. Los carotenoides se han identificado como un inhibidor potencial de la enfermedad de Alzheimer (Sharma y col., 2012)



**Figura 2.** Estructura del Beta-Caroteno (Sharma y col., 2010).

Por otro lado, los compuestos fenólicos están ampliamente distribuidos en el reino vegetal en un rango que va desde moléculas simples, tales como ácidos fenólicos a compuestos polimerizados complejos (es decir, polifenoles). Los flavonoides son una subclase importante de polifenoles y son los polifenoles más abundantes en la dieta humana. Las subclases de flavonoides incluyen flavonoides como la quercetina y kaempferol, flavonas (por ejemplo. luteolina, apigenina), flavan-3-oles (catequinas), flavanonas (hesperidina, naringenina), isoflavonas (genisteína), las antocianidinas (pelargonidin, delphinidina) y las proantocianidinas (taninos condensados). Los flavonoides en las frutas más consumidas en la dieta son las antocianinas, hesperetina y la quercetina (Shama y col., 2016)

### **2.2.5. Polifenoles.**

Los compuestos fenólicos de frutas pueden proporcionar un beneficio a los seres humanos a través de varios mecanismos (Quiñones y col., 2012). El mecanismo descrito mejor y más conocido es a través de sus propiedades antioxidantes y la modulación del estrés oxidativo biológico para evitar daños en los lípidos celulares, proteínas y ADN. Directamente, pueden compactar superóxido y otras especies reactivas de oxígeno (ROS) tales como hidroxilo y los radicales peroxi. Indirectamente, se pueden estimular los sistemas endógenos de defensa antioxidante o, por el contrario, pueden inhibir las enzimas que generan grandes cantidades de especies reactivas de oxígeno. La inhibición de la absorción de los productos ya oxidados, tales como lípidos puede ser otro mecanismo por el que algunos compuestos fenólicos proporcionan beneficio.

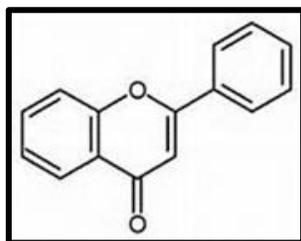
Más recientemente, compuestos polifenólicos han sido estudiados por su acción en la señalización celular, en particular en la modificación de las vías de inflamación. Algunas de estas acciones pueden ser directos y otros se propuso ser secundaria a la modificación del equilibrio redox de la célula.

Los polifenoles también pueden aumentar de forma beneficiosa la producción de moléculas anti-inflamatorias. En general, los compuestos fenólicos presentes en las

frutas tienen múltiples caminos para beneficiar la salud humana; sobre todo a través de sus acciones en la modificación de eventos celulares para promover el equilibrio entre el estado inflamatorio y el estado normal.

Se ha estado acumulando evidencia que muestra que los polifenoles están implicados en la modulación de las vías de señalización celular, lo que puede explicar mejor cómo estos compuestos dietéticos provocan efectos biológicos cuando son relativamente mal absorbidos y circulan en concentraciones molares nano.

Estos datos combinados con la importancia de la inflamación en el inicio de la enfermedad, la progresión y complicación ha impulsado el interés y la investigación clínica para determinar si estos efectos son traducibles a los seres humanos (Shama y col., 2016).



**Figura 3.** Estructura de la Flavona (Nagao y col., 1999).

Uno de los principales tubérculos donde se encuentran presentes estos compuestos es la zanahoria.

### **2.2.6. Obtención de concentrados de fibra dietaria**

La composición y propiedades fisicoquímicas de la fibra dietaria dependen tanto de las características de la materia prima como del método de procesamiento para obtenerlo. Para la obtención de concentrados el uso del blanqueado es normalmente utilizado como un pretratamiento previo al secado para la inactivación de reacciones enzimáticas. Como consecuencias del uso de este método ocurren pérdidas de sólidos solubles en el agua utilizada y la solubilización de estructuras poliméricas como protopectinas. El secado a altas temperaturas puede causar la

degradación parcial de algunos componentes presentes en la fibra dietaria soluble y con esto la pérdida de propiedades de hidratación en la fibra.

Los procesos térmicos también tienen un efecto significativo en los antioxidantes naturales en materiales vegetales. Se ha reportado que los polifenoles son muy sensibles a tratamientos térmicos en periodos cortos de cocción y se ha reportado una pérdida del 20 % del  $\alpha$  y  $\beta$ -caroteno en zanahorias durante el secado a 90 °C (Chantaro y col., 2007)

### **2.2.7. Fuentes alternativas para la obtención de fibra dietaria.**

Típicamente, las fuentes de fibra tales como el trigo, el maíz y el arroz se han utilizado en la producción de alimentos, tanto por sus atributos de salud y funciones técnicas. Sin embargo, hace muy poco tiempo, nuevas fuentes de fibra se han descubierto y utilizado. Una de estas fuentes son ciertas fracciones de subproductos obtenidos a partir de diferentes tipos de procesamiento de alimentos. En particular, los subproductos obtenidos del procesamiento de frutas y hortalizas (por ejemplo, jugos, bebidas, etc.) están ganando atención como novedosas y económicas fuentes de ingredientes funcionales saludables (Ayala-Zavala y col., 2011). Tales subproductos pueden ser descritos como los restos después del procesamiento de frutas y productos de origen vegetal; estos restos incluyen exfoliación, pepitas, pieles, tallos y núcleos. Actualmente estos subproductos se desechan, por lo general como alimento para animales, confinamiento o incineración; por tanto, potencialmente producir efectos negativos sobre el medio ambiente (Angulo y col., 2012; Leroy y col., 2007).

Entre las frutas, se ha encontrado fibra dietaria en la manzana (*Malus domestica*) (0.91%), uva (*Vitis vinifera* L.) (5.1%), limón (*Citrus limon*) (14%) mango (*Mangifera indica*) (51.2%), naranja (*Citrus sinensis*) (57%) y melocotón (*Prunus persica*) (30.7-36.1%).

Entre los vegetales, la fibra dietaria se ha encontrado en zanahoria (*Daucus carota*) (63.6%), coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*) (2.31-3.11%), cebolla (*Allium*

*cepa L.*) (11.6-68.3%), patata (*Solanum tuberosum L.*) (5.6%) y tomate (*Solanum lycopersicum L.*) (82.7%) (O'Shea y col., 2012).

Entre los componentes bioactivos que se pueden encontrar en los concentrados de fibra dietaria se encuentran los carotenoides y los polifenoles.

### **2.3. Zanahoria**

La zanahoria (*Daucus carota L*) es uno de los tubérculos más populares cultivados en todo el mundo y es la fuente más importante de carotenoides en la dieta de los países del oeste. Proveniente de Asia central que hoy en día se cultiva en la mayor parte del hemisferio norte, los principales productores son Estados Unidos, China, Rusia, Polonia y Japón.

Es un importante vegetal usualmente usado para la elaboración de jugos en muchos países, reportándose un importante aumento en su consumo (Chi-Fai Chau y col., 2004).

Las zanahorias son la principal fuente individual de provitamina A, proporcionando 17% del consumo total de vitamina A. En las zanahorias, los seis tipos de carotenos y compuestos relacionados.

De estos, el  $\alpha$  y  $\beta$ -carotenos son los más sobresaliente, que poseen teóricamente el 50 y el 100% de actividad de vitamina A, respectivamente. Recientemente, la demanda de caroteno A ha aumentado debido a su actividad contra el cáncer reportado en ciertos casos y otros beneficios para la salud. Por otro lado, la vitamina C (ácido ascórbico) es el micronutriente más fácilmente asociado con frutas y verduras (Alasalvar y col., 2001).

En Europa y en los Estados Unidos zanahorias contribuyen considerablemente a la ingesta de  $\beta$ -caroteno. Jugos de zanahoria y mezclas de los mismos se encuentran entre las bebidas no alcohólicas más populares.

De 1995 a 2000, la producción de jugo de zanahoria alemán aumentó en un 80%, en realidad por un importe de 42,2 millones de litros. A pesar de considerables

mejoras en las técnicas de procesamiento que incluyen el uso de enzimas, batido en caliente, y la tecnología de decantación, más de un tercio de la materia prima permanece como bagazo (Stoll y col., 2003). Aunque este subproducto agrícola puede utilizarse para la alimentación animal, generalmente se desecha como material de desecho. Debido a que los residuos agrícolas tienen un alto contenido de materia orgánica, estos materiales de desecho plantean una grave contaminación del medio ambiente (Kyung Young y col., 2005).

### **2.3.1. Composición de la zanahoria**

Una parte importante de compuestos valiosos, tales como carotenos, ácidos urónicos y azúcares neutros se conservaba en el bagazo. En los últimos años, los suplementos dietéticos como las bebidas ATBC (Alfa Tocoferol y Beta Caroteno) han alcanzado intensa atracción del consumidor.

Compuestos fenólicos en las zanahorias están presentes a lo largo de las raíces, pero están muy concentradas en el tejido peridermis. Dos clases principales de compuestos fenólicos son el ácido hidroxicinámico y el ácido para-hidroxibenzoico. Además, Zhang y Hamauzee (2004) han estudiado los compuestos fenólicos, sus propiedades antioxidantes y distribución en la zanahoria encontrando que contenía principalmente ácidos hidroxicinámicos y derivados. Entre ellos, el ácido clorogénico fue un ácido hidroxicinámico importante, lo que representa 42.2 a 61.8% de compuestos fenólicos totales detectados en diferentes tejidos de zanahoria. Los componentes fenólicos en diferentes tejidos disminuyeron en el siguiente orden cáscara> floema> xilema. Aunque en la piel de zanahoria representó sólo el 11% de la cantidad del peso fresco de zanahoria, que podría proporcionar el 54.1% de la cantidad de fenoles totales, mientras que el tejido del floema proporciona un 39.5% y el tejido del xilema ofrece sólo el 6.4%. Actividades eliminadoras de antioxidantes y radicales en diferentes tejidos disminuyeron en el mismo orden que el contenido fenólico.

Las zanahorias son ricas en fibras dietéticas y estas fibras juegan un papel importante en la salud humana.

Nawirska y Kwasniewska. (2005) han informado de los componentes en la fibra dietaria de la zanahoria fresca en peso seco como pectina (7.41%), hemicelulosa (9.14%), celulosa (80.94%) y lignina (2.48%).

(Yoon y col. (2005) y Lineback. (1999) han informado de que la pared celular de zanahoria se compone de pectina (galacturonanos, ramnogalacturonanos, arabinanos, galactanos y arabinogalactanos-1), celulosa ( $\beta$ -4, D-glucano), lignina (alcohol trans-coniferílico, el alcohol trans-sinapílico y alcohol trans-pcoumaryl) y hemi-celulosa (xilanos, glucuronoxylans  $\beta$ -D-glucanos y xiloglucanos).

Debido al nivel apreciable de la variedad de compuestos diferentes presentes, las zanahorias son considerados como un alimento funcional con propiedades promotoras de la salud significativa (Sharma y col., 2012).

### **2.3.2. Bagazo de zanahoria.**

Debido a los bajos rendimientos asociados con la producción de jugo de zanahoria, el 50% de la materia prima permanece como bagazo que es utilizado principalmente como pienso o abono. Sin embargo, este bagazo contiene grandes cantidades de compuestos valiosos, tales como carotenoides, fibra dietaria, ácidos urónicos y azúcares neutros y hasta 50% de los carotenoides (Sharma y col., 2012). El contenido total de caroteno del bagazo puede ser de hasta 2 g/kg de materia seca, dependiendo de las condiciones de procesamiento (Singh y col., 2006). El bagazo de zanahoria contiene 17 y 31 a 35% del total de  $\alpha$  y  $\beta$ -carotenos en las zanahorias frescas escaldadas y no escaldadas, respectivamente.

El bagazo de zanahoria contiene 4-5% de proteína, 8-9% de azúcares reductores, 5-6% de minerales y 37-48% fibra dietética total (en peso seco) y por lo tanto, los productos de zanahoria son conocidos por ser una buena fuente de fibra dietética. Además, se ha informado que el bagazo de zanahoria en peso seco contiene  $2.5 \pm 0.15\%$  de humedad,  $5.5 \pm 0.10\%$  de cenizas,  $1.3 \pm 0.01\%$  de grasa,  $0.7 \pm 0.04\%$  de

proteínas,  $20.9 \pm 0.15\%$  de fibra cruda,  $55.8 \pm 1.67\%$  total de fibra dietaria,  $71.6 \pm 0.23\%$  de carbohidratos totales y  $301 \pm 0.09$  kcal / 100 g de energía (Kumari y Grewal., 2007).

Entre los microelementos (mg/g) que se pueden encontrar en el bagazo de zanahoria se encuentran; Sodio ( $3.2 \pm 0.08$ ), Potasio ( $18.6 \pm 0.10$ ), Fósforo ( $1.8 \pm 0.04$ ), Calcio ( $3.0 \pm 0.06$ ), Magnesio ( $1.1 \pm 0.05$ ), Cobre ( $4.0 \pm 0.07$ ), Manganeso ( $10.8 \pm 0.12$ ), Hierro ( $30.5 \pm 0.14$ ) y Zinc ( $29.4 \pm 0.16$ ) (Tanska y col., 2007). Los principales componentes que constituyen al bagazo de zanahoria son; pectina (3.88%), hemi-celulosa (12.3%), celulosa (51.6%) y lignina (32.1%) (Nawirska y Kwasniewska, 2005). Por lo tanto, este subproducto de la extracción del jugo de zanahoria representa una fuente prometedora de compuestos con propiedades bioactivas que podrían explorarse en el desarrollo de ingredientes alimenticios y suplementos dietéticos. La adición de valor a los residuos ayuda a reducir el precio del producto principal, esto representa un beneficio directo para los procesadores y consumidores.

Se han hecho esfuerzos para utilizar pulpa de zanahoria en alimentos como el pan, pasteles, aderezos, vinagre, pan de trigo enriquecida (Filipini, 2001), la preparación de galletas de alto contenido de fibra (Kumari y Grewal, 2007) y la producción de bebidas funcionales (Oshawa y col., 1995; Schweiggert, 2004).

# **CAPÍTULO III.**

# **ANTECEDENTES**

### III. ANTECEDENTES.

**Figuerola y col. (2007).** Evaluaron algunas propiedades tecnofuncionales en concentrados de fibra de manzana y otros frutos cítricos. Para evaluar su posible uso como ingredientes alimenticios, todos los concentrados mostraron un alto contenido de fibra dietaria (entre 44.2 y 89.2 g/100 g m.s.), con una alta proporción de fibra dietaria insoluble

**Chantaro y col. (2008).** Desarrollaron y caracterizaron concentrados de fibra dietaria a partir de cáscaras de zanahoria con y sin lavado, diferentes temperaturas de secado (60, 70, 80 °C), tamaño de partícula demostrando que el lavado y el secado a 60 °C tenía los mejores resultados con respecto al contenido de FD (73.32 g/100 g m.s) y propiedades funcionales.

**Chávez- Zepeda y col. (2009).** Analizaron las propiedades químicas de diferentes subproductos de la agroindustria (cáscara de plátano, jícama, tuna, mango, piña, manzana y zanahoria) presentando la zanahoria la mayor concentración de proteínas (11.26 % m.h.) y la segunda mayor concentración de fibra dietaria soluble (25.16%).

**Pantaleón-Velasco y col. (2014).** Establecieron el método para la obtención de un concentrado de fibra dietaria antioxidante a partir de carambola. Estableció el efecto del tiempo de lavado, agitación con agua y temperatura en las propiedades químicas y funcionales, demostrando que el concentrado obtenido con un lavado a 55 °C, 5 min y una relación 2:1 (v/p) de agua exhibió el mayor contenido de polifenoles (6.05 mg EAG/100 g ms) y fibra dietaria (84,0% bs).

# **CAPÍTULO IV. JUSTIFICACIÓN**

#### **IV. JUSTIFICACIÓN.**

El bagazo de zanahoria es un subproducto de la agroindustria de jugos que representa entre el 30-50% del total de la zanahoria recibida, este bagazo puede contener hasta un 50% de los carotenoides totales de la zanahoria (2g/kg m.s.) además de ser una potencial fuente de fibra dietaria y polifenoles. Sin embargo, este subproducto es normalmente utilizado como alimento para animales y abono. Estudios han demostrado que en general los subproductos agroindustriales son fuente potencial de fibra dietaria. En el presente trabajo se propone el aprovechamiento del bagazo de zanahoria para la obtención de un concentrado de fibra dietaria que presente alto contenido de fibra dietaria y compuestos bioactivos (polifenoles y carotenoides) utilizando el secado en charolas como método práctico de deshidratación posterior a realizar una extracción acuosa, así también se propone su caracterización química, física y funcional para obtener datos que permitan su posible uso como ingrediente alimenticio.

# **CAPÍTULO V.**

# **OBJETIVOS**

## V. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo General

Evaluar las características químicas, físicas y funcionales de un concentrado de fibra dietaria obtenido a partir de bagazo de zanahoria (*Daucus Carota L.*).

### 5.2. Objetivos Específicos

1. Realizar la caracterización química del bagazo generado de la extracción del jugo fresco y el bagazo de zanahoria tratado térmicamente.
2. Obtener un concentrado de fibra dietaria de zanahoria (CFDZ) secado por charolas a partir del bagazo tratado térmicamente por presión a vapor.
3. Realizar la caracterización química del CFDZ secado por charolas en comparación con el CFDZ secado por liofilización como control.
4. Determinar las características de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e índice de oscurecimiento), propiedades tecnofuncionales (capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, hinchamiento, solubilidad y capacidad emulsificante) y microestructura del CFDZ-SC y del CFDZ-SL como control.

# **CAPÍTULO VI.**

# **METODOLOGÍA**

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 6.1. Obtención y acondicionamiento de la materia prima.

El bagazo de zanahoria fresco fue obtenido a nivel laboratorio utilizando un extractor de jugos marca Hamilton Beach con zanahoria fresca que fue adquirida a través de un distribuidor proveniente de Puebla. Se calculará el rendimiento de extracción en materia seca (m.s.). Para la elaboración del concentrado primeramente el bagazo de escaldado con vapor a presión utilizando una autoclave vertical de tres calores V-3C.



Figura 4. Proceso de extracción del bagazo de zanahoria

### 6.2. Obtención del concentrado de fibra dietaria de zanahoria (CFDZ).

El CFDZ se obtuvo de acuerdo al método de Pantaleón-Velasco y col., 2014, para ello al bagazo escaldado se le realizó un lavado con agua a temperatura moderada bajo agitación, posterior prensado y secado por charolas con aire y por liofilización como CFDZ control. Los CFDZ obtenidos fueron tamizados a 500  $\mu\text{m}$  y guardados en bolsas con sellado al vacío.



Figura 5. Proceso para la elaboración del concentrado de fibra dietaria.

El bagazo fresco y escaldado por presión a vapor, así como los CFDZ secados por charolas y por liofilización (control) fueron caracterizados de acuerdo a su composición química proximal y contenido de compuestos bioactivos y propiedades tecnofuncionales.

## **6.2. Análisis químico proximal.**

Las muestras se analizaron por triplicado para determinar humedad, cenizas, grasas, proteínas (N x 6.25) de acuerdo a los métodos 934.01 (método gravimétrico), 942.05 (incineración a 525 °C), 948.22 (aparato de Soxhlet usando éter de petróleo), 960.52 (método Kjeldahl) [AOAC, 2005]. El contenido de carbohidratos fue determinado por diferencia.

## **6.3. Determinación de fibra dietaria total, soluble e insoluble.**

Se determinó el contenido de FD total, soluble (FDS) e insoluble (FDI) por el método enzimático-gravimétrico 991.43 (AOAC, 1992) y 32-07 (AACC, 1995).

## **6.4. Determinación de polifenoles extraíbles.**

Los polifenoles extraíbles fueron obtenidos mediante una extracción secuencial usando soluciones metanol ácida (50:50 v/v) y acetona/agua (70:30 v/v) siguiendo el procedimiento descrito por Bravo y Saura-Calixto, 1998. El sobrenadante fue combinado y el contenido total de polifenoles extraíbles fue estimado por el método de Folin-Ciocalteu usando ácido gálico como estándar. El contenido total de polifenoles extraíbles fueron expresados como gramos de ácido gálico equivalentes (AGE)/100 g de materia seca (m.s.).

### **6.5. Determinación de carotenoides.**

Los carotenoides fueron obtenidos siguiendo el procedimiento descrito por Ortega y col. (2013) con algunas modificaciones. La muestra se mezcló con hexano y se homogeneizó para después centrifugar y obtener un sobrenadante al cual se le adicionó cloruro de sodio y se esperó a que se separaran las fases. Se drenó la fase acuosa y se lavó con agua destilada, el extracto de caroteno se separó por una capa de sulfato de sodio. Se recolectó el extracto, se vació en una celda y se leyó la absorbancia a 448 nm en un espectrofotómetro frente a un blanco reactivo. Los resultados se expresaron como mg de  $\beta$ -caroteno/100 g de muestra seca.

### **6.6. Capacidad antioxidante.**

Esta propiedad fue evaluada en los extractos de polifenoles bajo dos métodos. La capacidad para secuestrar radicales libres del catión 2,2- azinobis (3 ethilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) (ABTS<sup>+</sup>) fue determinado usando el método de decoloración propuesto por Re y col., 1999. El radical ABTS<sup>+</sup> fue formado por la oxidación del persulfato de potasio. La reducción de la absorbancia del ABTS<sup>+</sup> se midió a 730 nm en los extractos polifenólicos durante 7 min. El Trolox fue usado como patrón y los resultados fueron expresados como  $\mu$ mol Trolox equivalentes (ET/ g ms).

La capacidad del poder antioxidante por reducción férrica (FRAP) fue determinado mediante el método descrito por Pulido y col., 2000. El reactivo de FRAP fue mezclado con la muestra correspondiente, agua destilada y metanol. La absorbancia se mide a 595 nm después de 30 min. Una solución Trolox metanolica fue usado como patrón y los resultados fueron expresados como  $\mu$ mol Trolox equivalentes (ET/ g ms).

### **6.7. Determinación de propiedades funcionales.**

La capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, solubilidad e hinchamiento fueron determinados de acuerdo a Robertson y col., 2000. La capacidad emulsificante fue determinado por el método de Sánchez-Zapata y col. (2009).

### **6.8. Color.**

Se estudió el espacio de color CIE LAB, para esto se determinaron las siguientes coordenadas de color: luminiscencia ( $L^*$ ), enrojecimiento ( $a^*$ , "rojo-verde) y amarillamiento ( $b^*$ , "amarillo-azul). Utilizando el colorímetro de mesa marca Hunter-Lab UltraScan-Vis.

### **6.9. Análisis de microestructura.**

La microestructura de los concentrados de fibra dietaria fueron analizados por microscopia electrónica de barrido (CEM por sus siglas en inglés) con un microscopio electrónico de barrido marca JEOL modelo JSM-76009 en una escala de trabajo de 10  $\mu\text{m}$ .

# **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.**

## VII. RESULTADOS.

### 7.1. Análisis químico proximal

El rendimiento del proceso de extracción del bagazo de zanahoria obtenido en el laboratorio fue del 69.16% (m.s.). En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis químico proximal realizado al bagazo de zanahoria fresco y el bagazo de zanahoria escaldado.

**Tabla 2.** Composición química proximal del bagazo de zanahoria fresco y escaldado.

Componente	BZF	BZE
<b>Humedad (g/ 100 g mh)</b>	88.19. $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	87.40 $\pm$ 0.73 <sup>a</sup>
<b>Cenizas (g/ 100 g ms)</b>	11.68 $\pm$ 0.71 <sup>a</sup>	13.47 $\pm$ 0.93 <sup>a</sup>
<b>Grasas (g/ 100 g ms)</b>	1.10 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	1.71 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>
<b>Proteínas (g/ 100 g ms)</b>	12.52 $\pm$ 0.49 <sup>a</sup>	11.68 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>
<b>Fibra Dietaria Total (g/ 100 g ms)</b>	35.27 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>	44.97 $\pm$ 0.65 <sup>a</sup>
<b>Fibra dietaria insoluble (g/ 100 g ms)</b>	25.96 $\pm$ 0.63 <sup>b</sup>	31.06 $\pm$ 0.49 <sup>a</sup>
<b>Fibra dietaria soluble (g/ 100 g ms)</b>	9.30 $\pm$ 0.77 <sup>b</sup>	13.90 $\pm$ 1.13 <sup>a</sup>
<b>Carbohidratos (g/ 100 g ms)</b>	39.42 $\pm$ 1.11 <sup>a</sup>	28.15 $\pm$ 1.17 <sup>b</sup>

Los resultados son el promedio  $\pm$  de tres determinaciones. Letras diferentes entre columnas indican diferencia mínima significativa Tukey ( $p < 0.05$ ). ms=muestra seca, mh=muestra húmeda; BZF= bagazo de zanahoria; BZE=bagazo de zanahoria escaldado.

Se observó que después del tratamiento de escaldado aplicado al bagazo de zanahoria, hubo un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) en la concentración de cenizas en un 15.32% y grasas en un 55.45%. Además de una disminución ( $p < 0.05$ ) en la concentración de carbohidratos y proteínas en un 28.58% y 6.7% respectivamente. El contenido de proteínas y grasas son similares a lo reportado por Chantaro y col. (2008) para cáscara de zanahoria escaldada (12.16 g/ 100 g ms y 1.75 g/ 100 g ms).

También se observó un aumento ( $p < 0.05$ ) en el contenido fibra dietaria total en un 27.50 % y sus fracciones soluble e insoluble en un 49.46 % y 19.64 % respectivamente, después del tratamiento de escaldado aplicado al bagazo de zanahoria. Esto puede deberse a la pérdida de componentes solubles como azúcares de bajo peso molecular y componentes bioactivos asociados en el proceso de extracción. Además que el tratamiento de escaldado pudo favorecer la eliminación parcial de carbohidratos de bajo peso molecular y proteínas solubles. Esta pérdida de componentes solubles en la matriz celular podría ser el responsable a su vez del aumento en el contenido de fibra dietaria (Chantaro y col., 2008).

En la Tabla 3 se presentan los resultados del análisis químico proximal realizado al del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.

**Tabla 3.** Composición química proximal del concentrado de fibra dietaria de zanahoria secado por charolas y liofilización.

Componente	CFDZE-SL	CFDZE-SC
<b>Humedad (g/ 100 g mh)</b>	6.06 ± 0.61 <sup>b</sup>	10.25 ± 0.36 <sup>a</sup>
<b>Cenizas (g/ 100 g ms)</b>	15.07 ± 0.40 <sup>b</sup>	16.01 ± 0.15 <sup>a</sup>
<b>Grasas (g/ 100 g ms)</b>	1.75 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.23 ± 0.17 <sup>a</sup>
<b>Proteínas (g/ 100 g ms)</b>	9.70 ± 0.73 <sup>a</sup>	10.16 ± 0.77 <sup>a</sup>
<b>Fibra dietaria Total (g/ 100 g ms)</b>	68.40 ± 0.42 <sup>a</sup>	61.07 ± 0.00 <sup>b</sup>
<b>Fibra dietaria insoluble (g/ 100 g ms)</b>	48.51 ± 2.16 <sup>a</sup>	41.52 ± 0.36 <sup>b</sup>
<b>Fibra dietaria soluble (g/ 100 g ms)</b>	19.88 ± 1.74 <sup>a</sup>	19.54 ± 0.36 <sup>a</sup>
<b>Carbohidratos (g/ 100 g ms)</b>	5.07 ± 0.50 <sup>b</sup>	10.51 ± 0.86 <sup>a</sup>

Los resultados son el promedio ± de tres determinaciones. Letras diferentes entre columnas indican diferencia mínima significativa Tukey ( $p < 0.05$ ). % ms=porcentaje en materia seca, % mh=porcentaje en materia húmeda, CFDZ-SL=concentrado de fibra dietaria de zanahoria escaldado liofilizado; CFDZ-SC=concentrado de fibra dietaria de zanahoria escaldado secado en charolas.

El CFDZ-SC presentó valores mayores ( $p < 0.05$ ) en el contenido de humedad (69.15 %), cenizas (6.23%), grasas (27.42%) y carbohidratos (107.29%) comparado con el CFDZ-SL. Sin embargo, el contenido de fibra dietaria total e insoluble en el CFDZ-SC fue menor ( $p < 0.05$ ) que el valor cuantificado en el control en un 10.71% y 14.40 % respectivamente, no existiendo diferencia significativa en el contenido de fibra dietaria soluble y contenido de proteínas. Esto puede deberse por los procesos de desestructuración de la pared celular del tejido del alimento durante el proceso de secado por charolas, en el cual pudieron haberse liberado componentes de la matriz celular como minerales y grasas haciéndose más cuantificables mientras que por un probable proceso de degradación de fibras de celulosa las cuales formaron carbohidratos de bajo peso molecular, lo que ocasionó la reducción en el contenido de fibra dietaria insoluble, así como un aumento en el contenido de carbohidratos.

El contenido de grasas fue menor a lo reportado por Pantaleón Pantaleón-Velasco y col. (2014) para concentrado de fibra de carambola (11.4 g/ 100 g ms), pero mayor a lo reportado por Martínez y col. (2012) para concentrados de fibra dietaria de mango, carambola, guayaba y piña (5.9 g/ 100 g ms, 0.8 g/ 100 g ms, 1.3 g/ 100 g ms y 1.4 g/ 100 g ms) y Chantaro y col. (2008) para concentrados de fibra dietaria de cáscara de zanahoria (1.53 g/ 100 g ms).

El contenido de proteínas fue similar al reportado por Chantaro y col. (2008) para concentrados de fibra dietaria de cáscara de zanahoria (9.75 g/ 100 g ms), y mayor a lo reportado por Pantaleón Pantaleón-Velasco y col. (2014) para concentrado de fibra de carambola (1.9 g/ 100 g ms) y Martínez y col. (2012) para concentrados de fibra dietaria de mango, carambola, guayaba y piña (8.0 g/ 100 g ms, 6.2 g/ 100 g ms, 4.0 g/ 100 g ms, 4.8 g/ 100 g ms).

El contenido de fibra dietaria total en el CFDZ-SC fue similar a lo reportado por Chantaro y col. (2008) para concentrados de fibra dietaria de cascara de zanahoria (69.60 g/ 100 g ms) y Martínez y col. (2012) para un concentrado de fibra dietaria de guayaba (69.1 g/ 100 g ms).

## 7.2. Componentes funcionales y capacidad antioxidante

En la Tabla 4 se presentan los resultados del contenido de carotenoides, polifenoles y capacidad antioxidante del bagazo de zanahoria fresco y escaldado.

**Tabla 4.** Contenido de carotenoides, polifenoles y capacidad antioxidante del bagazo de zanahoria fresco y escaldado.

Componente	BZF	BZE
<b>Carotenos (mg de <math>\beta</math>-caroteno/100 g ms)</b>	89.85 $\pm$ 2.12 <sup>b</sup>	121.42 $\pm$ 19.11 <sup>a</sup>
<b>Polifenoles (mg EAG/100 g ms)</b>	107.63 $\pm$ 3.30 <sup>b</sup>	158.349 $\pm$ 1.32 <sup>a</sup>
<b>Capacidad antioxidante FRAP (ET/ g ms)</b>	9.05 $\pm$ 0.33 <sup>b</sup>	18.62 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>
<b>Capacidad antioxidante ABTS (ET/ g ms)</b>	2.27 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	3.33 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>

Los resultados son el promedio  $\pm$  de tres determinaciones. Letras diferentes entre columnas indican diferencia mínima significativa Tukey ( $p < 0.05$ ). ET= equivalente de Trolox; EAG= equivalentes de ácido gálico; BZF= bagazo de zanahoria; BZE=bagazo de zanahoria escaldado.

El contenido de carotenos y polifenoles solubles totales también tuvo un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) después del proceso de escaldado, los polifenoles son 47.11% mayor en el BZE, mientras los carotenoides son 14.91% mayores en el BZE. Debido a este aumentó en la concentración de compuestos bioactivos se puede observar un incremento en la capacidad antioxidante, el cual aumentó en un 105.74% para el FRAP y un 46.69% para ABTS. Esto puede deberse probablemente a que el tratamiento de escaldado provocó una lixiviación parcial de carbohidratos de bajo peso molecular y proteínas solubles, concentrando la mayoría de los macrocomponentes y compuestos bioactivos. El contenido de polifenoles y capacidad antioxidante encontrados fue menor a lo reportado por Chantaro y col.

(2008) en cáscara de zanahoria escaldada (1080 g GAE /100 g ms) y Pantaleón-Velasco y col. (2014) en bagazo de carambola (2.7 g GAE /100 g ms; 328.9  $\mu\text{mol TE ET/ g m.}$ ; 214.9  $\mu\text{mol ET/ g ms}$ ). Sin embargo, el contenido de carotenos fue mayor a lo reportado por Chantaro y col. (2008) en cáscara de zanahoria escaldada (20.45 mg de  $\beta$ -caroteno/100 g ms).

El contenido de carotenoides, polifenoles y capacidad antioxidante del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Contenido de carotenoides, polifenoles y capacidad antioxidante del concentrado de fibra dietaria de zanahoria secado por charolas y liofilización.

<b>Componente</b>	<b>CFDZE-SL</b>	<b>CFDZE-SC</b>
<b>Carotenos (mg de <math>\beta</math>-caroteno/100 g ms)</b>	270.31 $\pm$ 33.72 <sup>a</sup>	143.15 $\pm$ 28.05 <sup>b</sup>
<b>Polifenoles (mg EAG/100 g ms)</b>	162.59 $\pm$ 2.26 <sup>b</sup>	176.05 $\pm$ 2.55 <sup>a</sup>
<b>Capacidad antioxidante FRAP (ET/ g ms)</b>	17.90 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	18.78 $\pm$ 0.29 <sup>a</sup>
<b>Capacidad antioxidante ABTS (ET/ g ms)</b>	4.48 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	4.88 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>

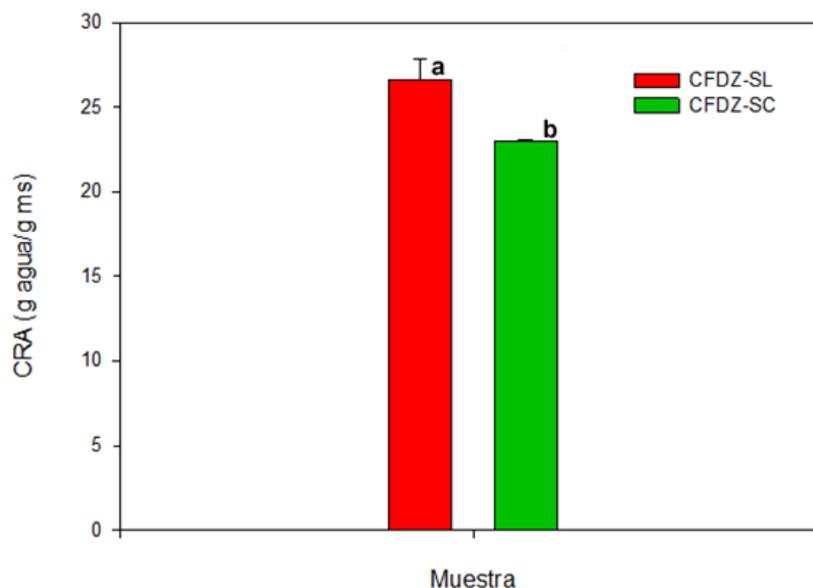
Los resultados son el promedio  $\pm$  de tres determinaciones. Letras diferentes entre columnas indican diferencia mínima significativa Tukey ( $p < 0.05$ ). ET= equivalente de Trolox; EAG= equivalentes de ácido gálico; CFDZ-SL=concentrado de fibra dietaria de zanahoria escaldado liofilizado; CFDZ-SC=concentrado de fibra dietaria de zanahoria escaldado secado en charolas.

El contenido de carotenoides en el CFDZ-SC fue menor ( $p < 0.05$ ) que el encontrado en el control en un 61.80%, esto puede deberse al tiempo y temperatura utilizada para obtener el concentrado, ya que los carotenoides al ser moléculas termosensibles no soportaron las temperaturas y tiempos prolongados utilizados en el proceso de secado por charolas. Sin embargo, los resultados obtenidos fueron mayores a los reportados en otros trabajos (8.94 mg de  $\beta$ -caroteno/100 g ms) (Chantaro y col. 2008)

El contenido de polifenoles en el CFDZ-SC fue mayor ( $p<0.05$ ) al encontrado en el control (8.27%), lo cual repercutió en la capacidad antioxidante que fue 4.91% mayor en FRAP y 8.92% mayor para el ABTS, estos resultados de polifenoles y capacidad antioxidante son menores a lo reportado por Chantaro y col. (2008) (1017 g EAG/100 g ms) y Pantaleon y col. (2014) (6.05 g EAG/100 g ms; 443.9  $\mu\text{mol ET/g ms}$ ; 228.6  $\mu\text{mol ET/g ms}$ ).

### 7.3. Propiedades Tecnofuncionales

En la Figura 6 se muestra los valores de la capacidad de retención de agua del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.

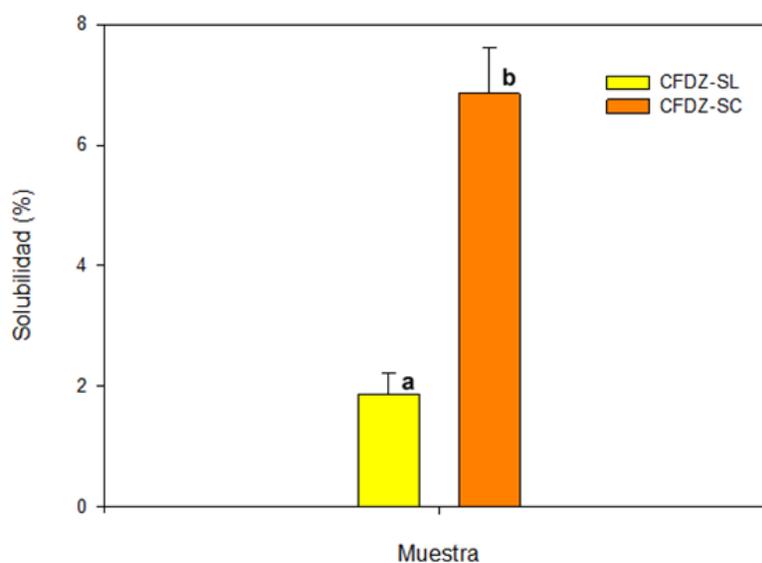


**Figura 6.** Capacidad de retención de agua del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.

La capacidad de retención de agua fue 13.58 % menor ( $p<0.05$ ) en el CFDZ-SC con respecto al control, en otros trabajos se ha observado como el método de secado

con altas temperaturas puede alterar de forma negativa la capacidad de retención de agua, esto puede deberse a la degradación de algunos componentes en la fracción soluble en la fibra dietaria lo cual conduce a la pérdida de la capacidad para retener el agua en la muestra (Chantaro y col. 2008). La capacidad de retención de agua en el CFDZ-SC muestra valores mayores a los reportados por Pantaleón-Velasco y col., 2014 en el concentrado de fibra dietaria de carambola (12.3 g agua/g ms), y a los de Jongaroontaprangsee y col. (2007) en concentrados de fibra dietaria de lima y calabaza (12.49 g agua/g ms; 11.46 g agua/g ms).

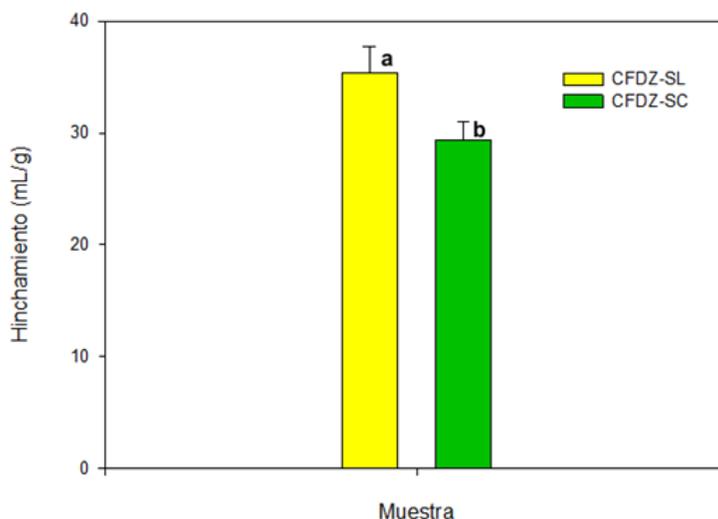
En la Figura 7 se muestra los valores de la solubilidad del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.



**Figura 7.** Solubilidad del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.

La solubilidad fue de 72.74 %, siendo mayor ( $p < 0.05$ ) en el CFDZ-SC que en el control. Garau y col. (2007) han demostrado que a temperaturas entre los 50 y 60 °C los concentrados de fibra dietaria de cáscara y pulpa de naranja muestran los mayores valores de solubilidad en comparación a otras temperaturas de secado.

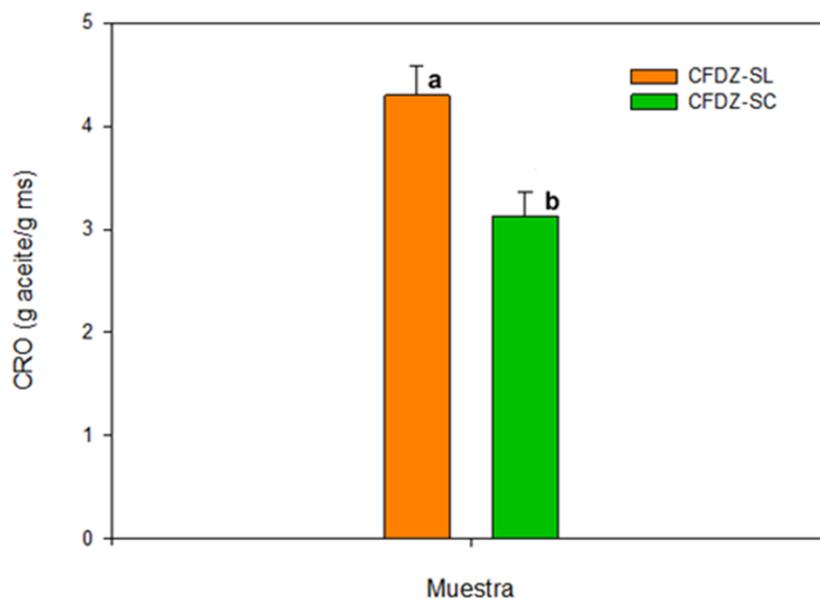
En la Figura 8 se muestra los valores de la capacidad de hinchamiento del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.



**Figura 8.** Capacidad del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.

La capacidad de hinchamiento fue menor ( $p < 0.05$ ) en el CFDZ-SC con respecto al control en un 16.94%, esto probablemente se deba a su menor contenido de FDT, especialmente FDI, ya que está relacionada con el contenido de celulosa y hemicelulosa. Por lo tanto, el contenido de FDT más bajo, especialmente FDI, en el control contribuyó a una menor capacidad de hinchamiento (Pantaleón-Velasco y col. 2014). La capacidad de hinchamiento en el CFDZ-SC muestra un valor mayor al observado por Pantaleón-Velasco y col. 2014 en el concentrado de fibra dietaria de carambola (14.0 g agua/g ms) y los reportados por Figuerola y col. 2005 para concentrados de manzana y diferentes frutos cítricos.

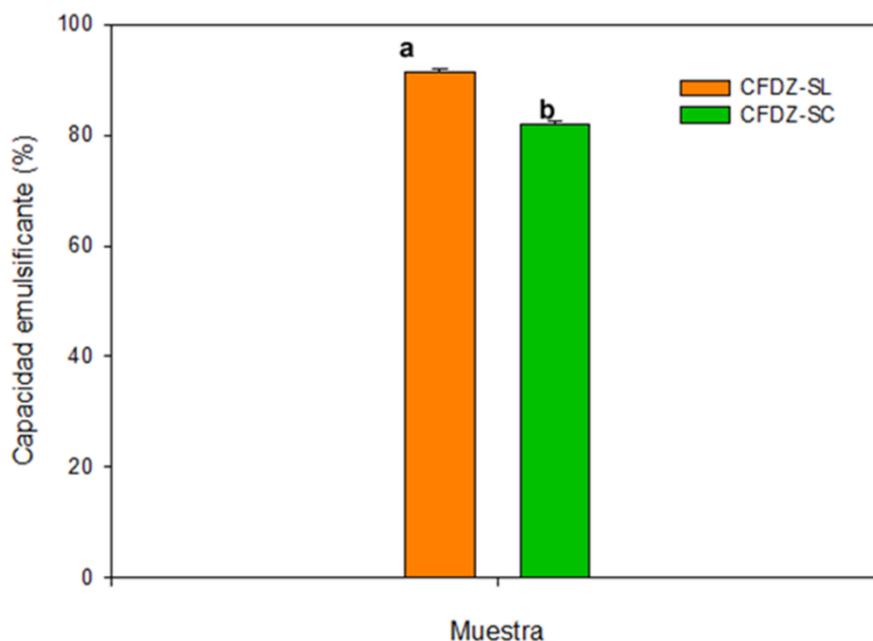
En la Figura 9 se muestra los valores de la capacidad de retención de aceite del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.



**Figura 9.** Capacidad de retención de aceite del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.

La capacidad de retención de aceite fue 27.21% menor ( $p < 0.05$ ) en el CFDZ-SC con respecto al control, la capacidad de retención de aceite depende de las propiedades de superficie, densidad global de carga, el espesor, y de la naturaleza hidrófoba de la partícula de fibra. Estudios precedentes (Figuerola y col. 2005, Garau y col. 2007) han demostrado que, en las muestras sometidas a un secado a altas temperaturas, la capacidad de retención de aceite disminuye a partir de los 50-60 °C en pulpa y cáscara de naranjas. La capacidad de retención de aceite en el CFDZ-SC muestra valores mayores que los observados por Figuerola y col. (2005) para concentrados de manzana y diferentes frutos cítricos (6.89 g aceite/g ms; 8.02 g aceite/g ms; 9.19 g aceite/g ms; 6.11 g aceite/g ms)

En la Figura 10 se muestra los valores de la capacidad emulsificante del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.



**Figura 10.** Capacidad emulsificante del CFDZ secado por charola y el CFDZ secado por liofilización.

La capacidad emulsificante fue significativamente menor ( $p < 0.05$ ) en el CFDZCH a comparación del control siendo 9.84% menor, esto puede deberse los grupos hidrofóbicos de las partículas de fibra presentes, los cuales aumentan la adsorción superficial formando una película interfacial cohesiva entre el aceite y el agua (Ramírez y Pacheco, 2009).

## 7.4. Color

En la Tabla 6 se muestran los parámetros de color del bagazo escaldado, el concentrado de fibra dietaria de zanahoria secado por charolas y liofilización.

**Tabla 6.** Parámetros de color del bagazo escaldado, el concentrado de fibra dietaria de zanahoria secado por charolas y liofilización

Parámetros	BZE	CFDZ-SL	CFDZ-SC
<i>L</i> <sup>*</sup>	83.34 ± 0.16 <sup>a</sup>	82.48 ± 0.26 <sup>b</sup>	72.09 ± 0.24 <sup>c</sup>
<i>a</i> <sup>*</sup>	3.12 ± 0.17 <sup>b</sup>	1.34 ± 0.02 <sup>c</sup>	8.00 ± 0.31 <sup>a</sup>
<i>b</i> <sup>*</sup>	13.30 ± 0.10 <sup>b</sup>	12.57 ± 0.24 <sup>c</sup>	16.11 ± 0.02 <sup>a</sup>
IO	61.92 ± 0.10 <sup>b</sup>	61.19 ± 0.12 <sup>c</sup>	65.98 ± 0.14 <sup>a</sup>

Los resultados son el promedio ± de tres determinaciones. Letras diferentes entre columnas indican diferencia mínima significativa Tukey ( $p < 0.05$ ); *L*<sup>\*</sup>=luminiscencia, *a*<sup>\*</sup>=enrojecimiento (rojo-verde), *b*<sup>\*</sup>=amarillamiento (amarillo-azul), IO = Índice de oscurecimiento, BZE=bagazo de zanahoria escaldado, CFDZ-SL=concentrado de fibra dietaria de zanahoria escaldado liofilizado; CFDZ-SC=concentrado de fibra dietaria de zanahoria escaldado secado en charolas.

Después del proceso de secado por charolas se pudo observar una disminución ( $p < 0.05$ ) en la luminiscencia y un aumento en el índice de oscurecimiento del CFDZ-SC comparado con el bagazo escaldado y el control. Además de mostrar mayor tendencia al enrojecimiento y el amarillamiento. Esto puede ser ocasionado por la oxidación de los compuestos bioactivos en la matriz celular debido a las temperaturas de secado utilizadas. Los carotenoides son pigmentos conocidos por ser altamente susceptibles a reacciones oxidativas, las cuales pueden ser aceleradas por calentamiento a altas temperaturas (Saxena y col., 2012). Los resultados obtenidos en la determinación de carotenoides parecen respaldar esta teoría ya que hubo un descenso en su concentración después del secado por charolas a 55 °C.

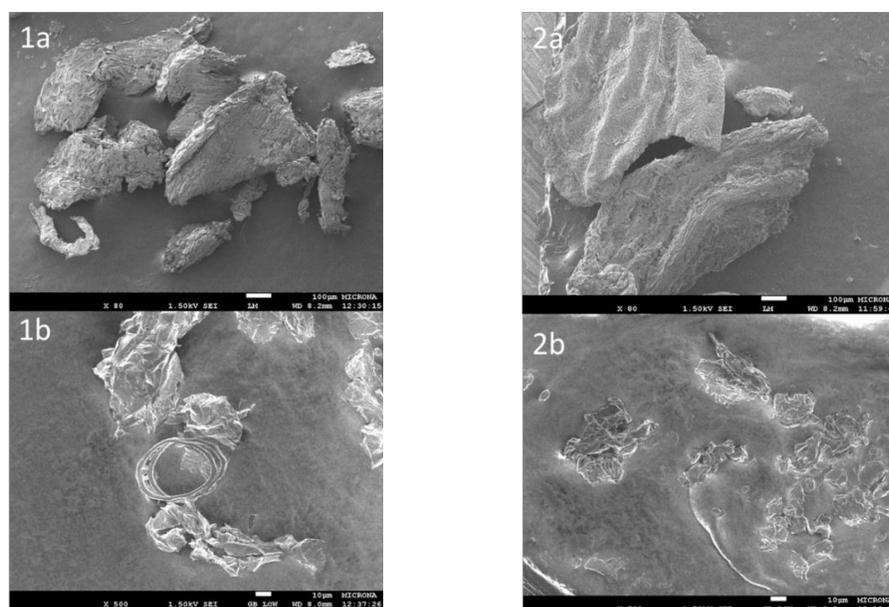
## 7.5. Propiedades estructurales

La Figura 11 muestra las micrografías hechas al concentrado de fibra dietaria de bagazo de zanahoria secado por liofilización y secado en charolas.

La Figura 1a muestra una estructura más porosa, sin concavidades, estas porosidades podrían deberse al proceso de escaldado previo al cual fue sometido, este proceso pudo causar la ruptura de la matriz celular y liberación de componentes intracelulares, así como pérdida de componentes solubles.

En la 1b se pueden apreciar algunas fibras de celulosa liberadas por la acción del escaldado.

Mientras en la Figura 2a se puede observar que se presentan estructuras más degradadas, mostrando concavidades en su superficie que muestran liberación de fibras vegetales, además en la 1b se pueden observar fibras de celulosa expuestas y agrietadas esto posiblemente debido al proceso de secado por charolas que podría haber ocasionado la degradación de esta celulosa a compuestos más simples como polisacáridos lo cual pudo afectar la concentración de la fibra dietaria insoluble y carbohidratos.



**Figura 11.** (1a y 1b ) micrografías realizadas al CFDZ-SL; (2a y 2b) micrografías realizadas al CFDZ-SC.

# **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.**

## VIII. CONCLUSIONES

- El concentrado de fibra dietaria a partir del bagazo de zanahoria usando el método de secado en charolas se obtuvo en 8 horas a 55 °C.
- El concentrado de fibra dietaria de zanahoria presentó un contenido de fibra dietaria total de 61.07 % m.s.
- El contenido de carotenos fue menor en el concentrado secado en charolas a comparación del control, mientras que la concentración de compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante fue mayor ( $p < 0.05$ ).
- El proceso de secado por charolas utilizado para elaborar el concentrado de fibra dietaria afectó la microestructura de este, degradando las fibras de celulosa y reduciendo el contenido de fibra dietaria insoluble.
- El concentrado de fibra dietaria secado en charolas mostró propiedades tecnofuncionales propicias para su potencial uso como ingrediente alimenticio en mayonesas, postres y embutidos.

# **CAPÍTULO VI.**

# **BIBLIOGRAFÍA**

## IX. REFERENCIAS.

1. AACC International. Approved methods of american association of cereal chemists. 11th ed. Methods 32-05.01 and 32-21.01. St. Paul, MN. 1995.
2. Alasalvar, C., Grigor, J. M., Zhang, D., Quantick, P. C., & Shahidi, F. (2001). Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(3), 1410–1416. <http://doi.org/10.1021/jf000595h>
3. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2000). Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of Analysis (17th ed). Washington DC.
4. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2005). Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of Analysis (18th ed). Washington DC.
5. Brownlee, I. A. (2011). The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids*, 25(2), 238–250. <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.11.013>
6. Chantaro, P., Devahastin, S., & Chiewchan, N. (2008). Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 1987-1994.
7. Chau, C. F., Chen, C. H., & Lee, M. H. (2004). Comparison of the characteristics, functional properties, and in vitro hypoglycemic effects of various carrot insoluble fiber-rich fractions. *LWT - Food Science and Technology*, 37(2), 155–160. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.08.001>
8. Day, L., Seymour, R. B., Pitts, K. F., Konczak, I., & Lundin, L. (2009). Incorporation of functional ingredients into foods. *Trends in Food Science and Technology*, 20(9), 388–395. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.05.002>
9. Decker, E. A., & Park, Y. (2010). Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.021>
10. Diplock, A. T., Aggett, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B., & Roberfroid, M. B. (1999). Scientific concept of functional foods in Europe Consensus document. *The British Journal of Nutrition*, 81, S1–S27.

11. Eroglu, A., & Harrison, E. H. (2013). Carotenoid metabolism in mammals, including man: formation, occurrence, and function of apocarotenoids. *Journal of Lipid Research*, 54(7), 1719–30. <http://doi.org/10.1194/jlr.R039537>
12. Fernández-Ginés, J. M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., & Pérez-Alvarez, J. (2005). Meat products as functional foods: A review. *Journal of food science*, 70(2).
13. Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I., & Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91(3), 395-401.
14. Filipini M (2001) Preparation, application and evaluation of functional food additives from organic residues using carrot pomace and wheat bread as the model system. *Bulletin, Institute for Food Technology, University of Bonn, Bonn*.
15. Garau, M. C., Simal, S., Rossello, C., & Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food chemistry*, 104(3), 1014-1024.
16. Herrero, M., Cifuentes, A., & Ibañez, E. (2006). Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae - A review. *Food Chemistry*. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.058>
17. Jongaroontaprangsee, S., Tritrong, W., Chokanaporn, W., Methacanon, P., Devahastin, S., & Chiewchan, N. (2007). Effects of drying temperature and particle size on hydration properties of dietary fiber powder from lime and cabbage by-products. *International Journal of Food Properties*, 10(4), 887-897.
18. Kumari S, Grewal RB (2007) Nutritional evaluation and utilization of carrot pomace for preparation of high fiber biscuits. *J Food Sci Technol* 44:56–58.
19. Kyung Yoon, K. Y., Cha, M., Shin, S. R., & Kim, K. S. (2005). Enzymatic production of a soluble-fibre hydrolyzate from carrot pomace and its sugar composition. *Food Chemistry*, 92(1), 151–157. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.014>

20. Lineback DR (1999) *The Chemistry of complex carbohydrates* Marcel Dekker, New York, pp 1–17.
21. Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135(3), 1520-1526.
22. Montreau, F. R. (1972). Sur le dosage des composés phénoliques totaux dans les vins par la méthode Folin-Ciocalteu. *Connaissance du Vigne et Vin*, 24, 397-404
23. Nagao, A., Seki, M., & Kobayashi, H. (1999). Inhibition of xanthine oxidase by flavonoids. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 63(10), 1787-1790.
24. Nawirska A, Kwasniewska M (2005) Dietary fiber fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chem* 91:221–225.
25. O’Shea, N., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 1–10. <http://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.06.002>
26. Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F., Sánchez-Muniz, F. (2013). Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*.
27. Ortega, V. G., Ramírez, J. A., Velázquez, G., Tovar, B., Mata, M., & Montalvo, E. (2013). Effect of high hydrostatic pressure on antioxidant content of “Ataulfo” mango during postharvest maturation. *Food Science and Technology (Campinas)*, 33(3), 561–568. <http://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000062>
28. Oshawa K, Chinen C, Takanami S, Kuribayashi K (1995) Studies on effective utilization of carrot pomace. II. Effective utilization to cake, dressings and pickles. *Int J Food Sci Technol* 23:15–18.
29. Pantaleón-Velasco, M. del R., Ruiz-López, I. I., Pérez-Silva, A., Bravo-Clemente, L., Mateos, R., Ruiz-Espinosa, H., & Angeles Vivar-Vera, M. de los. (2014). Antioxidant and functional properties of a high dietary fibre powder from

- carambola (*Averrhoa carambola* L.) pomace. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(9), 2101–2110
30. Peerajit, P., Chiewchan, N., & Devahastin, S. (2012). Effects of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fibre powder from lime residues. In *Food Chemistry* (Vol. 132, pp. 1891–1898). <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.022>
  31. Pulido, R., L. Bravo y F. Saura-Calixto, Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: 48, 3396-3402 (2000).
  32. Quiñones, M., Miguel, M. and Aleixandre, A. (2012). Beneficial effects of polyphenols on cardiovascular disease. *Pharmacol Res.* <http://doi.org/10.1016/j.phrs.2012.10.018>
  33. Quirós-Sauceda, A. E., Palafox-Carlos, H., Sáyago-Ayerdi, S. G., Ayala-Zavala, J. F., Bello-Perez, L. A., Alvarez-Parrilla, E., ... González-Aguilar, G. A. (2014). Dietary fiber and phenolic compounds as functional ingredients: interaction and possible effect after ingestion. *Food & Function*, 5(6), 1063–72. <http://doi.org/10.1039/c4fo00073k>
  34. Raghavendra, S. N., Ramachandra Swamy, S. R., Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Kurma, S., & Tharanathan, R. N. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: a source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*, 72, 281-286.
  35. Ramírez, A., & Pacheco, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34(4), 293-298.
  36. Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A.S. Pannala, M. Yang y C. Rice-Evans, Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free Radical Biology & Medicine*: 26, 1231-1237 (1999).
  37. Robertson, J. A., Monredon, F. D., Dyssele, P., Guillon, F., Amado, R., & Thibault, T. F. (2000). Hydration properties of dietary fiber and resistant starch: a European collaborative study. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 33, 72-79.

38. Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., & Saura-Calixto, F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 270-276.
39. Sánchez-Zapata, E., Fuentes-Zaragoza, E., Fernández-LÓPEZ, J., Esther Sendra, E. S., Navarro, C., & Pérez-ÁLVAREZ, J. A. (2009). Preparation of dietary fiber powder from tiger nut (*Cyperus esculentus*) milk ("horchata") byproducts and its physicochemical properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(17), 7719–7725. <http://doi.org/10.1021/jf901687r>
40. Saxena, A., Maity, T., Raju, P. S., & Bawa, A. S. (2012). Degradation kinetics of colour and total carotenoids in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) bulb slices during hot air drying. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 672-679.
41. Schweiggert U (2004) Carrot pomace as a source of functional ingredients. *Fluss Obst* 71:136–140
42. Silveira Rodríguez, M. B., Monereo Megías, S., & Molina Baena, B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima: ¿Cerca o lejos? *Revista española de salud pública*, 77(3), 317-331.
43. Siro, I., Kápolna, E., Kápolna, B., & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite*, 51(3), 456-467.
44. Shama V. J, Indika, E. & Britt M. B. (2016) Fruit Polyphenols: A Review of Anti-inflammatory Effects in Humans, *Food Science and Nutrition*, (56(3), 419-444.
45. Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S., & Attri, S. (2012). Chemical composition, functional properties and processing of carrot-A review. *Journal of Food Science and Technology*. <http://doi.org/10.1007/s13197-011-0310-7>
46. Singh B, Panesar PS, Nanda V (2006) Utilization of carrot pomace for the preparation of a value added product. *World J Dairy Food Sci* 1:22–27.
47. Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-A review. *Appetite*. <http://doi.org/10.1016/j.appet.2008.05.060>

48. Stoll, T., Schweiggert, U., Schieber, A., & Carle, R. (2003). Application of hydrolyzed carrot pomace as a functional food ingredient to beverages. *Food, Agriculture & Environment*, 1(2).
49. Tanongkankit, Y., Chiewchan, N., & Devahastin, S. (2012). Physicochemical property changes of cabbage outer leaves upon preparation into functional dietary fiber powder. *Food and Bioproducts Processing*, 90(3), 541–548. <http://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.09.001>
50. Tanska M, Zadernowski R, Konopka I (2007) The quality of wheat bread supplemented with dried carrot pomace. *Pol J Nat Sci* 22:126–136
51. Yoon KY, Cha M, Shin SR, Kim KS (2005) Enzymatic production of a soluble fiber hydrolysate from carrot pomace and its sugar composition. *Food Chem* 92:151–157.
52. Zhang D, Hamauzee Y (2004) Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *Food Agric Environ* 2:95–101.